XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8950

Avaliação do desempenho térmico de habitações emergenciais no Rio Grande do Sul

Thermal performance evaluation of emergency housing in Rio Grande do Sul

Júlia Martins Rodríguez de Azevedo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) | Porto Alegre | Brasil | julia.azevedo.99@hotmail.com
Ruane Fernandes de Magalhães
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) | Porto Alegre | Brasil | ruane.magalhaes@gmail.com
Fernanda Lamego Guerra
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) | Porto Alegre | Brasil | fernanda.guerra@ufrgs.br
Aline Zini
Mestre Engenheira civil, egressa Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) | Porto Alegre | Brasil | azini.eng@gmail.com

Resumo

As inundações no Rio Grande do Sul em 2024 motivaram a criação do programa "A Casa é Sua - Calamidade", responsável pela implantação de unidades habitacionais modulares temporárias em municípios severamente impactados. Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho térmico de um módulo habitacional implantado em Eldorado do Sul, considerando sua possível permanência prolongada e reutilização futura. A metodologia incluiu cálculos prescritivos conforme ABNT NBR 15220-2:2022 e requisitos da ABNT NBR 15575-4:2021 e 15575-5:2021, com determinação da transmitância térmica (U) e capacidade térmica (C). Os resultados indicaram atendimento aos limites de U, porém insuficiência de C, evidenciando vulnerabilidade ao desconforto térmico. Conclui-se que o módulo apresenta desempenho compatível com construções leves emergenciais, mas demanda melhorias para ampliar o conforto e promover a resiliência climática.

Palavras-chave: Habitações emergenciais. Desempenho térmico. Construção modular. Sistemas leves.

Abstract

The floods in Rio Grande do Sul in 2024 led to the creation of the "A Casa é Sua - Calamidade" program, which is responsible for installing temporary modular housing units in severely affected municipalities. This study aims to evaluate the thermal performance of a housing module installed in Eldorado do Sul, considering its potential for long-term occupancy and future reuse. The methodology included prescriptive calculations in accordance with ABNT NBR 15220-2:2022 and the requirements of ABNT NBR 15575-4:2021 and 15575-5:2021, with determination of thermal transmittance (U) and thermal capacity (C). The results indicated compliance with U limits but insufficient C, highlighting vulnerability to thermal discomfort. In conclusion, the module exhibits performance compatible with lightweight emergency structures, but requires improvements to enhance comfort and promote climate resilience.

Keywords: Emergency housing. Thermal performance. Modular construction. Lightweight systems.

INTRODUÇÃO

Em um contexto de intensificação das mudanças climáticas, observa-se o aumento da frequência e severidade de eventos extremos, como inundações, com impactos significativos sobre o ambiente construído e a população [1-3]. No Brasil, esse cenário se materializou nas enchentes ocorridas no Rio Grande do Sul em 2024, consideradas o maior desastre natural da história do Estado [4], atingindo 484 municípios (sendo 418 declarados em estado de calamidade ou de emergência) impactando uma área de 16.126 km² e afetando ao menos 876 mil habitantes, sendo 310 mil pessoas em situação de vulnerabilidade socioeconômica registradas no Cadastro Único [5].

Após sucessivas e intensas precipitações, as bacias hidrográficas dos rios Taquari, Sinos, Gravataí, Caí, Jacuí e Pardo entraram em colapso, provocando transbordamentos e deslizamentos de terra. A infraestrutura dos municípios foi amplamente danificada deixando comunidades inteiras isoladas e sem acesso a serviços básicos. Segundo a Defesa Civil [6], em torno de 2,4 milhões de habitantes foram afetados, com cerca de 580 mil pessoas desalojadas ou desabrigadas, encontrando-se em situação de vulnerabilidade extrema e dependentes de abrigos temporários e de assistência humanitária.

Em 26 de abril de 2024, foram publicadas as primeiras previsões de chuvas significativas, três dias depois o Instituto Nacional de Meteorologia divulgou o primeiro alerta vermelho [7]. Em 1º de maio, o governo estadual declarou estado de calamidade pública em todo o território do Rio Grande do Sul por meio do Decreto nº 57.596 [8].

A fim de promover a reconstrução, adaptação e resiliência climática, foi criado o programa estadual instituído pela Lei nº 16.134, de 24 de maio de 2024, chamado de Plano Rio Grande [9]. A atuação das frentes de ação se dá em diversas áreas, na de habitação foi criado o programa “A Casa é Sua - Calamidade” a partir da Lei Estadual nº 16.138, de 7 de junho de 2024, a fim de fornecer 625 unidades habitacionais como casas temporárias aos refugiados climáticos da inundação do mesmo ano. Essas moradias destinam-se às famílias que perderam suas casas em municípios em estado de calamidade pública [10], conforme informações divulgadas pela Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Estado do Rio Grande do Sul [11]. As unidades temporárias foram designadas aos diferentes municípios afetados, incluindo Eldorado do Sul, onde foi implantado o modelo de habitação objeto de estudo do presente trabalho.

Diante da situação de calamidade, as moradias temporárias foram implementadas com urgência, buscando oferecer abrigo imediato às famílias atingidas e atender a condições mínimas de proteção e habitabilidade [12-13]. Todavia, a despeito desse caráter emergencial e provisório, é imprescindível considerar a habitabilidade dessas moradias, visto que frequentemente permanecem em uso por períodos prolongados, o que exige que, além de oferecerem acolhimento, garantam condições adequadas para ocupação, especialmente no que se refere ao conforto térmico. Essa avaliação torna-se relevante no contexto do Rio Grande do Sul devido à elevada variabilidade

climática do Estado, caracterizada por invernos rigorosos, verões quentes e elevada amplitude térmica diária. Nesse cenário, o desempenho térmico das edificações é essencial para garantir condições adequadas de moradia e reduzir o desconforto decorrente do clima da região.

A ABNT NBR 15220-2:2022 [14] apresenta os métodos de cálculo necessários para a avaliação do desempenho térmico de edificações, definindo procedimentos para a determinação da resistência, transmitância e capacidade térmica de elementos construtivos. Essa norma tem como objetivo possibilitar a análise quantitativa do comportamento térmico das edificações, considerando suas características construtivas e materiais, bem como as condições climáticas locais. Dessa forma, fornece subsídios técnicos para o dimensionamento, a verificação e a avaliação do desempenho térmico dos sistemas construtivos, possibilitando a adoção de soluções construtivas mais adequadas às condições climáticas das diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. No entanto, a aplicação dessa norma para habitações emergenciais modulares temporárias não é determinante, visto que foi elaborada para edificações permanentes.

A ABNT NBR 15220 estrutura a metodologia de avaliação adotada neste trabalho, contemplando tanto o cálculo quanto as diretrizes relacionadas às diferentes zonas bioclimáticas do país. Por sua vez, a ABNT NBR 15575 é utilizada de forma complementar, tanto para a obtenção de valores e parâmetros exigidos nesses cálculos quanto para a verificação do atendimento dos resultados obtidos aos requisitos de desempenho térmico estabelecidos na mesma.

Neste estudo, as normas mencionadas constituem o referencial técnico utilizado para a interpretação dos resultados. Com base nesse referencial, o estudo se propõe a avaliar o desempenho térmico das habitações modulares temporárias do programa “A Casa é Sua - Calamidade”, por meio de cálculos prescritivos. A análise considera as condições climáticas do município de Eldorado do Sul e a composição do sistema construtivo adotado no programa. Por meio desta abordagem, o presente estudo visa contribuir para a discussão sobre a adaptação de soluções habitacionais emergenciais, a fim de que elas atendam aos padrões mínimos de qualidade e resiliência climática, proporcionando, assim, condições dignas de moradia, mesmo em cenários de calamidade.

MÉTODO

Neste estudo, adotou-se uma abordagem aplicada, baseada em procedimentos quantitativos para a determinação do desempenho térmico e qualitativos para a interpretação dos resultados em conformidade com os critérios normativos (ABNT NBR 15220 e ABNT NBR 15575) e do contexto específico das habitações emergenciais implantadas nas enchentes do Rio Grande do Sul.

A análise do desempenho térmico foi conduzida por meio de procedimentos prescritivos, conforme a ABNT NBR 15220-2:2022 [14], sem utilização de simulações

dinâmicas, a partir da caracterização físico-construtiva dos sistemas de vedação vertical externa e da cobertura.

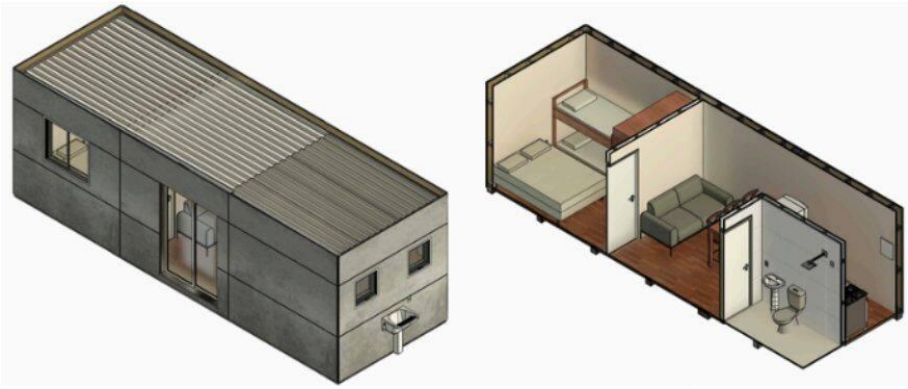
A metodologia foi estruturada em etapas sequenciais, compreendendo: o levantamento técnico e caracterização físico-construtiva dos sistemas, a execução dos cálculos dos parâmetros térmicos e a avaliação do desempenho térmico, de acordo com a zona bioclimática em que as habitações são implantadas.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-CONSTRUTIVA DOS SISTEMAS

A caracterização físico-construtiva constitui a base das análises desenvolvidas neste estudo, fornecendo os dados necessários para a avaliação do desempenho térmico. Essa etapa foi realizada a partir de documentos técnicos oficiais, incluindo o Manual do Proprietário [15], a Diretriz de Avaliação Técnica nº 052 [16], e informações fornecidas pela empresa responsável pela produção dos módulos habitacionais, permitindo a identificação detalhada das composições construtivas adotadas.

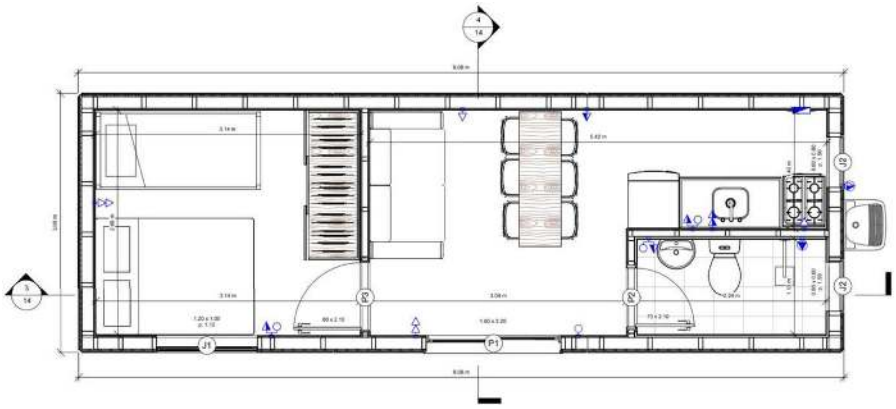
As habitações analisadas correspondem a módulos pré-fabricados com área aproximada de 27 m², compostos por dois chassis metálicos acoplados, configurando uma unidade com dimensões de 3 m × 9 m e altura de 3 m. O sistema construtivo baseia-se em estrutura metálica em aço galvanizado, com fechamento por painéis industrializados e camadas de vedação leve, conforme ilustrado na Figura 1 e na Figura 2.

Figura 1: Perspectiva isométrica da habitação modular temporária.



Fonte: [17].

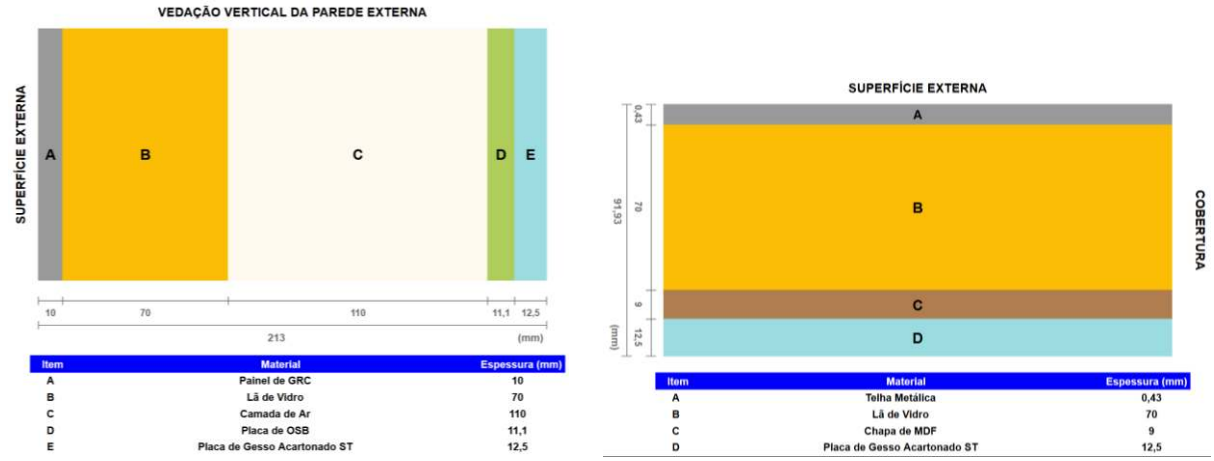
Figura 2: Planta baixa da habitação modular temporária.



Fonte: [17].

Foram analisados os sistemas construtivos de vedação vertical externa e de cobertura, cada um foi caracterizado quanto à sua composição em camadas, materiais constituintes e propriedades necessárias à análise de desempenho térmico. Nela, foram consideradas propriedades físico-térmicas dos materiais. Para esta etapa, optou-se por analisar a composição mais crítica de cada sistema (Figura 3), definida como aquela com menor potencial de desempenho térmico, em função das propriedades dos materiais e da configuração das camadas. Essa abordagem assegura que os cálculos sejam conduzidos sobre o cenário mais exigente, resultando em uma avaliação conservadora.

Figura 3: Seção transversal do sistema analisado de vedação vertical externa (à esquerda) e de cobertura (à direita).



Fonte: as autoras.

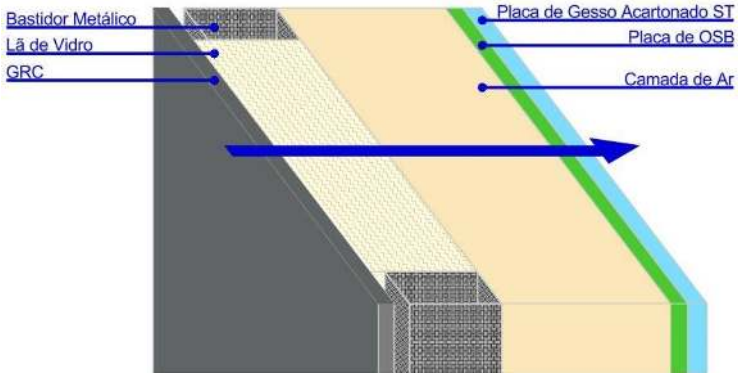
O sistema de vedação vertical externa (SVVE) é composto por painéis do tipo Stud-Frame, constituídos por uma placa de GRC (*Glass Fiber Reinforced Concrete*), chapa de OSB (*Oriented Strand Board*), seguida pela instalação de uma placa de gesso acartonado ST (Standart). Entre a chapa de OSB e o GRC, há a presença de uma camada de lã de vidro, responsável pelo isolamento termoacústico do sistema. Além disso, há também uma camada de ar posicionada entre a lã de vidro e a placa de OSB. Já a

cobertura, é formada por telhas metálicas com isolamento termoacústico em lã de vidro, seguido por chapa de MDF e fechamento em placa de gesso acartonado ST.

É importante destacar que os módulos habitacionais possuem outros materiais em sua composição, como bastidores metálicos, acabamento em tinta e silicone hidrofugante aplicado sobre a superfície do GRC, no caso da vedação vertical; e, na cobertura, camada de ar e a viga intermediária. No entanto, esses elementos não foram incluídos na presente análise, por estarem fora da delimitação definida para este trabalho.

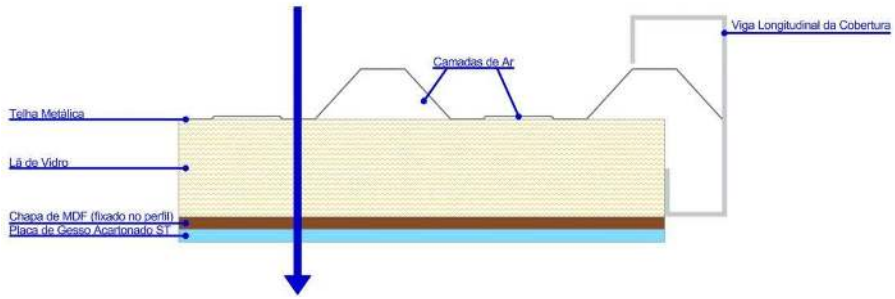
Para esclarecer as diferentes possibilidades de composição, elaborou-se um detalhamento em que a seta azul indica o percurso das camadas efetivamente consideradas na análise, distinguindo-as das demais (Figura 4 - vedação vertical e Figura 5 - cobertura). Assim, embora os sistemas construtivos possuam outros materiais, somente as camadas atravessadas pela seta integram o escopo deste estudo.

Figura 4: Detalhe do sistema de vedação vertical externa.



Fonte: as autoras.

Figura 5: Detalhe do sistema de cobertura.



Fonte: as autoras.

RESISTÊNCIA TÉRMICA

A determinação da resistência térmica dos sistemas construtivos segue os procedimentos estabelecidos na ABNT NBR 15220-2:2022 [14], que define os cálculos necessários para estimar a oposição que cada componente oferece à passagem de calor. Inicialmente, calcula-se a resistência térmica de cada camada que faz parte do

componente construtivo por meio da razão entre a espessura da camada (d) em metros (m) e a sua condutividade térmica (λ) em Watt por metro Kelvin (W/(m.K)).

É importante destacar que a resistência térmica da camada de ar do SVVE não foi calculada pelos métodos prescritivos habituais. Seu valor foi obtido diretamente do item 6.9.2 - Camadas de ar não ventiladas da ABNT NBR 15220-2:2022 (Figura 6) [14]. Essa tabela estabelece valores padronizados de resistência térmica em função da espessura da camada de ar e da direção predominante do fluxo de calor. Assim, para uma camada de ar não ventilada com espessura de 110 mm, submetida a fluxo de calor horizontal; a resistência térmica correspondente é de R = 0,16 (m²·K)/W.

Figura 6: Valores da resistência térmica de camadas de ar não ventiladas.

Espessura da camada de ar mm	**Resistência térmica** m².K/W **Direção de fluxo de calor**		
	Ascendente	Horizontal	Descendente
0	0,00	0,00	0,00
...			
100	0,15	0,16	0,19
300	0,15	0,16	0,20
NOTA Valores intermediários são obtidos por meio de interpolação linear.			

Fonte: [14].

Nos componentes com camadas termicamente homogêneas, ou seja, com espessura constante cujas propriedades térmicas podem ser consideradas uniformes; e perpendiculares ao fluxo de calor, a resistência térmica total do componente é obtida pela soma das resistências de todas as camadas sólidas, acrescida das resistências superficiais interna e externa, conforme Equação 1.

Equação 1: Fórmula da resistência térmica total do componente.

$$R_{tot} = R_{si} + R_1 + R_2 + \cdots + R_n + R_{se}$$

Fonte: [14].

Onde "R_{tot}" é a resistência térmica total, "R_{si}" é a resistência superficial interna, "R_1, R_2, … R_n" são as resistências térmicas de cada camada e "R_{se}" é a resistência superficial externa, todas expressas em metro quadrado Kelvin por Watt (m².K/W).

As resistências superficiais são valores padronizados apresentados na Figura 7, utilizados sempre que não há informações específicas sobre as condições de contorno do componente.

Figura 7: Valores convencionais de resistências superficiais.

Resistência superficial m².K/W	Direção do fluxo de calor		
	Ascendente	Horizontal	Descendente
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Fonte: [14].

TRANSMITÂNCIA TÉRMICA

A transmitância térmica, por sua vez, expressa a taxa de transferência de calor através do sistema construtivo, indicando sua capacidade de restringir o fluxo de calor entre os ambientes em cada lado do sistema uniforme. Após obtida a resistência térmica total do componente, a transmitância térmica é determinada pela inversão desse valor ($U = 1/R_{tot}$), expressa em Watts por metro quadrado Kelvin.

CAPACIDADE TÉRMICA

A capacidade térmica dos sistemas construtivos é determinada conforme o procedimento apresentado no primeiro item do Anexo NA na ABNT NBR 15220-2:2022 [14], que estabelece o cálculo a partir das propriedades físicas de cada camada. Seu valor é obtido multiplicando-se a espessura, o calor específico e a densidade de cada camada, somando-se, em seguida, as contribuições de todas as camadas a fim de obter o valor total do componente. A norma estabelece, ainda, que esse resultado deve ser equivalente ao valor obtido pela multiplicação entre a condutividade térmica, a resistência térmica, o calor específico e a densidade de cada camada, também com a soma das parcelas referentes a todas as camadas “j” do elemento. Essa equivalência garante que a capacidade térmica esteja adequadamente compatibilizada com as demais propriedades térmicas do componente, conforme Equação 2.

O resultado representa a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema, refletindo sua capacidade de reter calor ao longo do tempo. Materiais de maior massa térmica tendem a amortecer as variações térmicas, liberando lentamente o calor acumulado. O “Manual de Conforto Térmico” [18] aponta que essa característica contribui para a chamada "inércia térmica" dos elementos construtivos, que ajuda a suavizar picos de calor e frio ao longo do dia. Contudo, em sistemas emergenciais, que geralmente apresentam baixa massa térmica, esse efeito é significativamente reduzido, tornando os ambientes mais suscetíveis a extremos térmicos.

Equação 2: Fórmula da capacidade térmica.

$$C = \sum_{j=1}^{n} \lambda_j \times R_j \times c_j \times \rho_j = \sum_{j=1}^{n} e_j \times c_j \times \rho_j$$

Fonte: [14].

Onde “C” é a capacidade térmica, expressa em quilo joules por metro quadrado Kelvin (kJ/m².K), “j” é a condutividade térmica do material da camada j, expressa em Watts

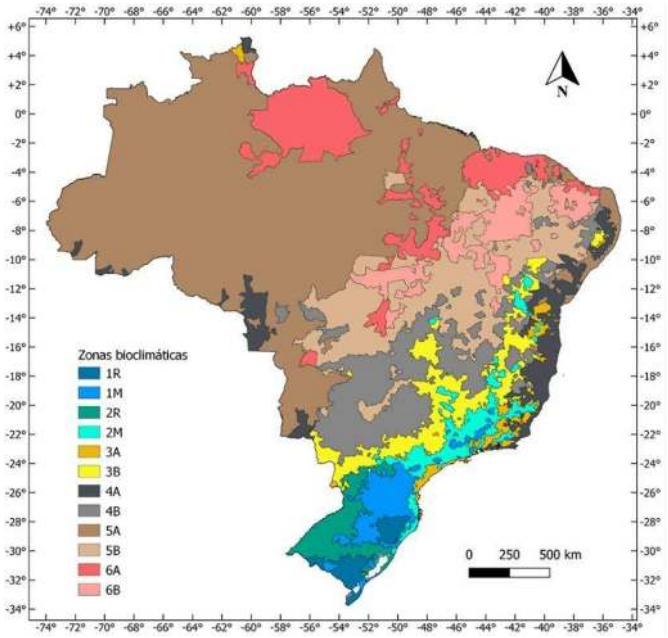
por metro Kelvin [W/(m.K)], "R_j" é a resistência térmica da camada j, expressa em metro quadrado Kelvin por Watt (m².K/W), "e_j" é a espessura da camada j, expressa em metro (m); "c_j" é o calor específico do material da camada j, expresso em quilo joules por quilograma Kelvin (kJ/kg.K) e "ρ_j" é a densidade de massa aparente do material da camada j, expresso em quilogramas por metro cúbico (kg/m^3).

ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO

Para realizar a classificação da zona bioclimática, identifica-se o município de implantação das habitações e consulta-se a tabela do TR 15220-3-1:2025 [19], que lista os municípios brasileiros e suas respectivas zonas. A identificação da zona é essencial para contextualizar os valores calculados e avaliar a adequação dos sistemas construtivos às condições climáticas da região, além de orientar a comparação com os requisitos de desempenho térmico estabelecidos pela ABNT NBR 15575.

No presente trabalho, as habitações foram implantadas em Eldorado do Sul, classificado na zona bioclimática 2R, como ilustrado em verde-musgo na Figura 8, correspondente a clima frio com inverno rigoroso, conforme a ABNT NBR 15220-3:2024 [20] e confirmado pelo TR 15220-3-1:2025 [19], que consolida o zoneamento climático de todos os municípios brasileiros. Ressalta-se que o relatório técnico TR 15220-3-1:2025 introduz uma atualização na nomenclatura das zonas, incluindo subdivisões mais específicas de cada zona originalmente definida, as quais não estavam presentes em versões anteriores da norma. Essa atualização refina a classificação climática nacional, porém ainda não foi incorporada às normas de desempenho da ABNT NBR 15575.

Figura 8: Zoneamento bioclimático por desempenho térmico e umidade relativa.



Fonte: [14]

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8950

RESULTADOS

TRANSMITÂNCIA E CAPACIDADE TÉRMICA

A análise do desempenho térmico foi realizada a partir dos cálculos prescritivos de transmitância e capacidade térmica, conforme procedimentos descritos na metodologia. Os valores foram obtidos com base na caracterização físico-construtiva dos sistemas (Figura 9), sendo os resultados consolidados apresentados na Figura 10.

Figura 9: Caracterização físico-construtiva dos sistemas analisados em relação ao desempenho térmico.

Componente 1 = Vedação Vertical da Parede Externa				
Camada	Dado	Propriedades		
	Espessura (m)	Condutividade Térmica (W/(m.K))	Calor específico (kJ/(kg.K))	Densidade (kg/m³)
	d ou E	λ	c	ρ
Painel de GRC	0,01	0,6	1,00	2100
Lã de vidro	0,07	0,044	0,70	10
Camada de Ar	0,11	0,026	-	-
Placa de OSB	0,0111	0,11	1,70	630
Placa de Gesso Acartonado ST	0,0125	0,16	0,84	656
Componente 2 = Cobertura				
Camada	Dado	Propriedades		
	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/(m.K))	Calor específico (kJ/(kg.K))	Densidade (kg/m³)
	d ou E	λ	c	ρ
Telha Metálica	0,00043	61	0,45	7850
Lã de vidro	0,07	0,044	0,70	10
Chapa de MDF	0,009	0,15	1,70	650
Placa de Gesso Acartonado ST	0,0125	0,16	0,84	656

Fonte: as autoras.

Na determinação da transmitância, calcula-se inicialmente a resistência total de cada sistema, obtida pela soma das resistências de todas as camadas e das resistências superficiais interna e externa. Para a vedação vertical externa, o fluxo de calor ocorre predominantemente na direção horizontal; assim, adotam-se os valores de Rsi= 0,13 m²·K/W e Rse = 0,04 m²·K/W. Para o sistema de cobertura, o fluxo é considerado ascendente, implicando em Rsi = 0,10 m²·K/W e Rse = 0,04 m²·K/W.

A análise do desempenho térmico revelou um contraste relevante entre os parâmetros de transmitância térmica (U) e capacidade térmica (C), evidenciando como esses parâmetros influenciam o conforto e o desempenho térmico do módulo habitacional temporário como um todo. Conforme apresentado na Figura 10, o SVVE apresentou U = 0,472 W/m²·K, atendendo ao requisito U ≤ 2,7 W/m²·K previsto para a Zona Bioclimática 2R. Da mesma forma, a cobertura, com transmitância térmica de 0,535 W/m²·K, atendeu ao limite de U ≤ 2,3 W/m²·K estabelecido pela ABNT NBR 15575-5:2021 [21] para a mesma zona.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8950

Figura 10: Resultados dos cálculos prescritivos de desempenho térmico e o atendimento em relação aos requisitos normativos mínimos exigidos.

Análise do desempenho térmico através dos cálculos prescritivos da NBR 15220-2:2022 e requisitos mínimos da NBR 15575-4:2021 e NBR 15575-5:2021														
Componente	Camada	Parâmetros												
		λ W/(m.K)	R (m².K)/W	E ou d (espessura) m	c kJ/(kg.K)	ρ kg/m³	C camada kJ/(m².K)	C kJ/(m².K)	Atendimento à NBR 15575 zona bioclimática 2R		Rtot (m².K)/W	U W/(m².K)	Atendimento à NBR 15575 zona bioclimática 2R	
Vedação Vertical Externa	Painel GRC	0,6	0,01666667	0,01	1,00	2100	21	40,266	C ≥ 130	Não atende	2,117	0,472	U ≤ 2,7	Atende
	Lã de Vidro	0,044	1,59090909	0,07	0,70	10	0,49							
	Camada de Ar	0,026	0,16	0,11	-	-	-							
	Placa OSB	0,11	0,10090909	0,0111	1,70	630	11,8881							
	Placa de Gesso Acartonado (ST)	0,16	0,078125	0,0125	0,84	656	6,888							
Cobertura	Telha Metálica	61	0,00000705	0,00043	0,45	7850	1,518975	18,842	Não há parâmetro para este tipo de sistema		1,869	0,535	U ≤ 2,3	Atende
	Lã de Vidro	0,044	1,59090909	0,07	0,70	10	0,49							
	Chapa MDF	0,15	0,06	0,009	1,70	650	9,945							
	Placa de Gesso Acartonado (ST)	0,16	0,078125	0,0125	0,84	656	6,888							

Fonte: as autoras.

Conforme a figura acima, apesar do adequado desempenho em relação à transmitância térmica, indicador tradicionalmente associado à resistência ao fluxo de calor, verificou-se que a capacidade térmica apresentou comportamento distinto. O SVVE atingiu C = 40,266 kJ/m²·K, valor inferior ao mínimo de 130 kJ/m²·K recomendado para paredes externas em edificações localizadas em zona 2, segundo critérios de conforto térmico previstos na ABNT NBR 15575-4:2021 [22]. A cobertura, embora não possua requisito normativo de capacidade térmica, apresentou igualmente um valor baixo (18,842 kJ/m²·K), indicando menor capacidade de reter calor e maior suscetibilidade às oscilações térmicas, comportamento característico de sistemas construtivos leves.

CONCLUSÃO

O presente estudo evidenciou que o módulo habitacional analisado, embora atenda aos requisitos normativos de transmitância térmica, apresenta desempenho limitado em termos de capacidade térmica, com valor muito aquém ao mínimo exigido. Assim, a reduzida capacidade térmica observada neste estudo indica menor capacidade de retenção de calor, tornando o módulo mais suscetível ao desconforto em contextos de elevada amplitude térmica, característica marcante do clima do Rio Grande do Sul.

Esse resultado reforça que o atendimento a critérios prescritivos isolados não garante, por si só, condições adequadas de desempenho em uso, indicando a necessidade de estratégias que aumentem a inércia térmica das edificações. E evidenciando a importância de considerar o desempenho térmico no desenvolvimento de habitações emergenciais destinadas ao clima do Estado, especialmente quando sua permanência ultrapassa o período inicialmente previsto.

Cabe destacar que a análise se refere a um recorte estratigráfico dos sistemas construtivos, não contemplando efeitos tridimensionais da edificação. Assim, embora os resultados permitam avaliar o atendimento normativo e o comportamento térmico

das camadas, análises mais aprofundadas, como simulações computacionais, seriam necessárias para representar com maior precisão as condições reais de uso. Ainda assim, o método prescritivo adotado fornece uma avaliação compatível com os critérios normativos vigentes.

Assim, o estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre habitações modulares temporárias, suas limitações e suas potencialidades, e fornece subsídios técnicos para o aprimoramento de soluções que conciliem rapidez construtiva e melhores condições de desempenho térmico em contextos de calamidade.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, o primeiro autor utilizou o ChatGPT para revisão gramatical e melhoria de coesão do texto. Após a utilização da ferramenta/serviço, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] IPCC. **Climate change 1995: The Science of Climate Change.** Contribution of Working Group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1995. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar2/wg1/. Acesso em: 06 out. 2025

[2] IPCC. **Climate change 2001: The Scientific Basis.** Contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2001. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/. Acesso em: 06 out. 2025

[3] IPCC. Sections. **Climate change 2023: synthesis report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 2023, p. 35-115. Disponível em: https://doi:10.59327/iPcc/ar6-9789291691647. Acesso em: 06 out. 2025

[4] BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Estudo aponta que enchentes de 2024 foram maior desastre natural da história do RS e sugere caminhos para futuro com eventos extremos mais frequentes.** Gov.br, Brasília, 30 abr. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/estudo-aponta-que-enchentes-de-2024-foram-maior-desastre-natural-da-historia-do-rs-e-sugere-caminhos-para-futuro-com-eventos-extremos-mais-frequentes. Acesso em: 07 ago. 2025.

[5] PEREIRA, Rafael H. M. et al. **Uma estimativa da população atingida pelas enchentes do Rio Grande do Sul em 2024.** Rio de Janeiro: Ipea, set. 2024. (CGDTI: Nota Técnica, 02).

[6] RIO GRANDE DO SUL. Defesa Civil. **Boletins sobre o impacto das chuvas no RS.** Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2025. Disponível em:

https://www.estado.rs.gov.br/boletins-sobre-o-impacto-das-chuvas-no-rs. Acesso em: 18 nov. 2025.

[7] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Aviso de alerta nº 47261.** 29 abr. 2024. Disponível em: https://alertas2.inmet.gov.br/47261. Acesso em: 23 out. 2025.

[8] RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 57.596, de 1º de maio de 2024.** Declara estado de calamidade pública no território do Estado do Rio Grande do Sul afetado pelos eventos climáticos de chuvas intensas ocorridos no período de 24 de abril a 1º de maio de 2024. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1º maio 2024. Disponível em: https://www.diariooficial.rs.gov.br/materia?id=997980. Acesso em: 23 out. 2025.

[9] RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 16.134, de 24 de maio de 2024.** Dispõe sobre a instituição do Plano Rio Grande, Programa de Reconstrução, Adaptação e Resiliência Climática do Estado do Rio Grande do Sul, cria o Fundo do Plano Rio Grande. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, 24 de maio de 2024c.

[10] RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 16.138, de 07 de junho de 2024.** Dispõe sobre a Política Estadual de Habitação de Interesse Social - PEHIS, institui Programas Habitacionais. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, 07 de junho de 2024d.

[11] RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. **Governo do Estado entrega mais 30 moradias temporárias em Cruzeiro do Sul.** 13 mar. 2025. Disponível em: https://planejamento.rs.gov.br/governo-do-estado-entrega-mais-30-moradias-temporarias-em-cruzeiro-do-sul. Acesso em: 05 nov. 2025.

[12] ANDERS, Gustavo Caminati. **Abrigos temporários de caráter emergencial.** 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.11606/D.16.2007.tde-19092007-102644. Acesso em: 29 nov. 2025.

[13] SPHERE ASSOCIATION. **Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response.** 4. ed. Geneva: Sphere Association; Practical Action Publishing, 2018. Disponível em: https://spherestandards.org/handbook-2018. Acesso em: 29 nov. 2025.

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Componentes e elementos construtivos das edificações – Resistência e transmitância térmica – Métodos de cálculo. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

[15] **MANUAL do Proprietário** – Habitação Modular. Versão R06. 2024.

[16] BRASIL. Ministério das Cidades. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H. Diretriz de Avaliação Técnica - **DATec n.º 052.** Brasília, nov. 2025. Disponível em: https://pbqp-h.mdr.gov.br/biblioteca/datec-no-052/. Acesso em: 01 dez. 2025.

[17] RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Habitação e Regularização Fundiária. **A Casa é Sua - Calamidade | Temporárias.** 2025. Disponível em: https://habitacao.rs.gov.br/a-casa-e-sua-calamidade-temporarias. Acesso em: 06 nov. 2025.

[18] FROTA, Anésia B.; SCHIFFER, Sueli R. Manual do conforto térmico. 5a ed. São Paulo, 2001.

[19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **TR 15220-3-1**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3-1: Zoneamento bioclimático por desempenho – Lista de cidades brasileiras. Rio de Janeiro, 2025.

[20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático por desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

[21] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5:** Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2021.

[22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2021.